Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 5, Dec- Jan 2022, p. 711-723

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۵، آذر- دی ۱٤۰۱ ص.۷۲۳-۷۱۱

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir
Full Research Paper

Effect of wheat flour fortification with sesame flour on properties of Sangak and Barbari flour, dough and bread

Arman Naderi[1], Soheila Zarringhalami[2*]

Received: 2021.06.20
Revised: 2021.09.12
Accepted: 2021.10.10
Available Online: 2021.10.10

How to cite this article:
Naderi, A., Zarringhalami, S. (2022). Effect of wheat flour fortification with sesame flour on properties of Sangak and Barbari flour, dough and bread. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 18 (5), 711-723.

Abstract

Introduction: Bread is an important staple food widely consumed all over the world including Iran. The consumption of traditional breads in Iran, including Barbari, Sangak, Taftoon and Lavash, is steadily increasing because of its convenience and being a ready-to-eat food product normally consumed at breakfast, lunch and dinner. Hence, fortification of several types of bread with other cereals, pseudo cereals, legumes and oil seeds flours, has received considerable attention. Sesame, although referred to as "seed of immortality" and "queen of oilseeds" is considered as a rich food as it has a high nutritive quality. Apart from being a prominent oilseed (45-50%), sesame seeds are a rich source of protein (18–40%). Also, sesame was reported as a rich source of vitamins and minerals. Therefore, in the current study, the effect of wheat flour fortification with sesame flour at the ratio of 0, 5, 10 and 15 % on flour, dough, Sangak and Barbari samples properties was evaluated.

Material and Methods: Proximate analysis of flour samples (sesame, wheat and composite flour samples) including acid value, moisture, ash, protein and wet gluten contents of the flour samples were determined according to the AACC methods. Water absorption, dough development time, dough stability time, degree of softening and the ratio between resistance to extension and extensibility (R/E), of prepared dough samples were determined according to AACC 21-54 and AACC 10-54 standard methods. After 2 h of bread baking the crust color parameters (L^*, a^* and b^*) were determined using the Hunter–Lab Color flex Colorimeter (Hunter Associated Lab, Inc., Reston, VA, USA). Crumb Hardness was also measured 2 h after baking using a texture analyzer (Texture Analyzer, Brookfield, CT3, USA). The organoleptic characteristics (taste, aroma, color, texture and overall acceptability) of the prepared bread samples were evaluated by 15 trained panelists familiar with the traditional bread usually consumed, using 5-point hedonic scale (5 = like extremely, 1 =dislike extremely) test. The data was analyzed by one way analysis of variance (ANOVA). A multiple comparison procedure was performed by Duncan's new multiple range test using SPSS Software. Significance of the difference was defined as $p < 0.05$.

Results and Discussion: According to the results obtained from flour samples analysis, sesame flour contained higher amounts of protein, lipid and ash and low amount of moisture and gluten than wheat flour. Furthermore, with increasing the amount of sesame flour, ash and protein contents of flour samples were increased, but their moisture and gluten contents were decreased. Furthermore, Farinograph parameters including water absorption and stability were decreased, but dough development time and degree of softening were increased with increasing the amount of sesame flour in the formulation. The results of Extensograph test also, showed the R/E ratio, which indicates dough stability during fermentation, was decreased when the sesame flour content increased. Therefore, the addition of sesame flour

1. MS Student, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
(*Corresponding Author Email: zaringhalami@znu.ac.ir)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2021.71088.1064

induced to weaken the gluten network formation in dough samples. The qualitative characteristics results of bread samples showed that addition of sesame flour to bread formulation tends to decrease crumb hardness and had no effect on color attributes ($L*$, $a*$ and $b*$). Sensory evaluation results showed the higher total acceptability of Sangak and Barbari bread samples containing 10 and 5 % of sesame flour, respectively. In these ratios the color and texture of bread samples were also similar to related control bread samples. According to the results obtained in the current study and based on the functional properties of sesame flour (rich source of oil, protein, minerals, vitamins and antioxidant compounds) that reported by several previous studies, addition of 5 and 10 % of sesame flour in large scale production of Barbari and Sangak breads is recommended. Due to the high consumption of Sangak and Barbari breads in Iran, fortification of these breads can be effective in providing the daily needs of several nutrients.

Keywords: Barbari, Fortification, Sangak, Sesame flour, Wheat flour.

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۵، آذر- دی ۱٤۰۱ ص.۷۲۳-۷۱۱

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 5, Dec- Jan 2022, p. 711-723

مقاله علمی-پژوهشی

اثر غنی‌سازی آرد گندم با آرد کنجد بر ویژگی‌های آرد، خمیر و نان‌های سنگک و بربری

آرمان نادری[1]- سهیلا زرین قلمی*[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۶/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۸

چکیده

در پژوهش حاضر، اثر غنی‌سازی آرد گندم با آرد کنجد در نسبت‌های صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد بر ویژگی‌های آرد، خمیر و نان‌های سنگک و بربری بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان آرد کنجد، مقدار خاکستر و پروتئین آرد افزایش یافت، اما مقادیر رطوبت و گلوتن مرطوب کاهش پیدا کرد. به‌علاوه، شاخص‌های فارینوگرافی خمیر نظیر جذب آب و پایداری کاهش داشت، اما زمان گسترش و درجه نرم شدن خمیر افزایش یافت که بیانگر ضعیف شدن شبکه گلوتنی خمیر بود. نتایج اکستنسوگرافی نیز نشان داد که با افزایش میزان آرد کنجد، شاخص مقاومت به کشش نسبت به کشش‌پذیری کاهش پیدا کرد. بررسی نتایج ارزیابی سفتی بافت و رنگ نان‌ها نشان داد که افزودن آرد کنجد سبب کاهش سفتی بافت شد ولی اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رنگی نان‌ها (L^*, a^*, b^*) نداشت. به‌علاوه ترکیب اسیدهای چرب نان‌ها نیز بهبود پیدا کرد. در نهایت در ارزیابی حسی، نان‌های سنگک و بربری به‌ترتیب حاوی ۱۰ و ۵ درصد آرد کنجد، بیشترین امتیاز پذیرش کلی را به‌دست آوردند.

واژه‌های کلیدی: آرد کنجد، بربری، سنگک، غنی‌سازی.

مقدمه

اصطلاح غنی‌سازی به‌عنوان یک راه‌کار جهت پیشگیری یا کنترل نقص برخی از ترکیبات در مواد غذایی و افزایش اثرات سلامت‌بخش آن‌ها تعریف شده است (Grimm and Sauter, 2020, Lachowicz et al., 2021). در ابتدا غنی‌سازی فقط برای مواد غذایی محدودی استفاده می‌شد، اما امروزه در بسیاری از مواد غذایی از جمله فراورده‌های نانوایی، کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است (Dziki et al., 2014 ,Benayad et al., 2021). نان حاصل از آرد گندم، تقریبا در تمامی کشورها از جمله ایران، غذای اصلی مردم را تشکیل می‌دهد. این در حالی است که با استفاده از آرد گندم به تنهایی در تهیه بیشتر این نان‌ها از جمله نان‌های سنتی ایران نظیر سنگک و بربری، کیفیت تغذیه‌ای مطلوب، حاصل نمی‌شود. بنابراین غنی‌سازی و بهبود کیفیت تغذیه‌ای این نان‌ها به‌عنوان قوت غالب، می‌تواند در این زمینه بسیار مؤثر واقع شود. مطالعات مختلفی در زمینه غنی‌سازی نان سنگک و بربری با استفاده از آرد دانه‌های روغنی مختلف، حبوبات، غلات و شبه غلات و سایر افزودنی‌های مفید نظیر پودر سیب، تفاله گوجه‌فرنگی و کدو حلوایی که حاوی پروتئین، لیپید، فیبر، صمغ و ترکیبات زیست فعال هستند، انجام گرفته است (Pourmohammadi Mojaveri et al., 2021, Majzoobi et al., 2011, Peighambardoust and Aghamirzaei, 2014, Jannati et al., 2018, Zarringhalami et al., 2021, Moazeni et al., 2018, Zanganeh Elahe, 2021).

دانه کنجد با نام علمی (*Sesame Indicum* L.)، که به نام دانه جاودانگی[3] نیز معروف است، یکی از مهمترین و قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی زراعی در جهان است (Tanwar and Goyal, 2021). بر اساس آمارهای منتشر شده جهاد کشاورزی در سال ۲۰۱۹، میزان تولید دانه‌ی کنجد در ایران با سطح زیر کشت ۵۱۶۱۰ هکتار، ۴۲۸۵۳ تن بوده است که در این بین، استان‌های کرمان، فارس، خوزستان، خراسان رضوی، بوشهر، هرمزگان، گلستان، یزد، کرمان و خراسان جنوبی رتبه‌های اول تا دهم را به‌خود اختصاص داده‌اند. حدود ۶۵ درصد از کل دانه‌های کنجد تولید شده در کشور، جهت استخراج روغن مصرف می‌شود (Ahmadi et al., 2019). اما علاوه بر روغن با ویژگی‌های تغذیه‌ای بالا به‌دلیل حضور اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک و لینولئیک اسید و ترکیبات ضداکسایش (Tanwar and Goyal, 2021, Sadeghi et al., 2010, Rangkadilok et al., 2010)، پروتئین موجود در کنجاله کنجد (۱۸-۴۰ درصد) غنی از

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
* - نویسنده مسئول: Email: zaringhalami@znu.ac.ir
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2021.71088.1064

3 Seed of immortality

پپتیدهای زیست–فعال و اسیدهای آمینه ضروری نظیر متیونین، والین و تریپتوفان که در بسیاری از پروتئین‌های گیاهی جزء اسیدهای آمینه محدودکننده هستند، می‌باشد (Tanwar and Goyal, 2021, Das and Bhattacharjee, 2015). به علاوه پروتئین‌های دانه کنجد از نظر تکنولوژیکی، خاصیت امولسیفایری مناسبی نیز دارند (Abirached et al., 2020). همچنین دانه کنجد سرشار از مواد معدنی به‌ویژه، کلسیم (۱۲۰۰ میلی‌گرم/۱۰۰ گرم) و آهن (۹ میلی گرم/۱۰۰ گرم) و ویتامین‌های گروه B، A و E است (Tanwar and Goyal, 2021). بنابراین استفاده از دانه کامل کنجد جهت غنی‌سازی فرآورده‌های نانوایی، نسبت به روغن و کنجاله پروتئینی به تنهایی، ارجحیت دارد.

با توجه به جایگاه مهم نان در رژیم غذایی و ارزش تغذیه‌ای بالا و فراسودمند بودن دانه کنجد، غنی‌سازی آرد گندم با آرد کامل دانه کنجد می‌تواند بخشی از نیازهای تغذیه‌ای روزانه را تأمین کند. اما از آنجا که در کنار افزایش ارزش تغذیه‌ای، باید ویژگی‌های تکنولوژیکی و کیفی هم مدنظر قرار گیرند، هدف از پژوهش حاضر، غنی‌سازی آرد گندم مورد استفاده در تهیه نان‌های سنگک و بربری با آرد کامل دانه کنجد در سطوح صفر (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد (وزنی/ وزنی) و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آردهای ترکیبی، ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی خمیر و ویژگی‌های نان‌های سنگک و بربری حاصل از آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها

آرد گندم با درجه استخراج حدود ۸۲ درصد برای آرد بربری و ۹۰- ۸۸ درصد برای آرد سنگک و مخمر خشک فعال به‌ترتیب از کارخانه آرد تک ستاره (بیجار، ایران) و شرکت رضوی (مشهد، ایران) تهیه شد. نمک و دانه‌های کنجد نیز از یکی از بازارهای محلی خریداری گردید. کلیه مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده در این پژوهش، محصول شرکت مرک آلمان با درجه خلوص آزمایشگاهی بودند.

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آردهای ترکیبی و خمیر حاصل ازآن‌ها

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آردهای مختلف نظیر رطوبت، خاکستر (مواد معدنی)، پروتئین، گلوتن مرطوب، اسیدیته و دانه‌بندی با استفاده از الک‌ها با مش ۴۷۵ ، ۱۸۰ و ۱۲۵ میکرومتر، مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۳ تعیین شد (ISIRI, 103/2018b). سپس بعد از مدت زمان ۶۰ روز نگهداری آردها در دمای محیط انبار (دوره نگهداری رایج برای آردها)، عدد پراکسید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۷۹ اندازه‌گیری گردید (ISIRI, 4179/ 2018a).

همچنین ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی خمیر (میزان جذب آب، زمان گسترش، زمان پایداری، درجه نرم شدن، مقاومت به کشش/ کشش‌پذیری[1]) به ترتیب مطابق با استانداردهای AACC 21-54 و AACC 10-54 تعیین شد (AACC, 2000).

تهیه خمیر و پخت نان

برای تهیه خمیر، آرد (مقدار لازم)، مخمر (۰/۲ درصد آرد)، نمک (۰/۴ درصد آرد) و آب (طبق آزمون فارینوگرافی) در مخلوط‌کن دورانی با دور کند (۳۰ دور در دقیقه) مخلوط گردید. پس از فرایند تخمیر در دمای۳۵– ۳۰ درجه سلسیوس و به مدت ۵۰ و ۹۰ دقیقه به ترتیب برای نان‌های بربری و سنگک، پخت نان‌های سنگک و بربری در نانوایی‌های مرتبط محلی و به روش سنتی به‌ترتیب در دمای ۴۰۰ و ۲۵۰ درجه سلسیوس و زمان‌های ۵ و ۱۵ دقیقه انجام شد. پس از سرد کردن در دمای محیط نانوایی، نان‌ها در کیسه‌های دربسته تا انجام آزمون‌های بعدی، در دمای محیط نگهداری شدند.

تعیین سفتی بافت نان

برای تعیین سفتی بافت نان‌ها، از دستگاه سنجش بافت (Texture Analyzer, Brookfield, CT3, USA) مجهز به پروب ۲ میلی‌متری و با سرعت ۲ میلی‌متر بر ثانیه طبق روش AACC شماره ۱۰– ۷۴، ۲ تا ۳ ساعت بعد از پخت نان‌ها در دمای اتاق انجام گرفت (AACC, 2000). حداکثر نیروی مورد نیاز (نیوتن) برای نفوذ پروب به داخل بافت نان‌ها تا عمق نفوذ ۵۰ درصد، به‌عنوان سفتی بافت تعیین شد.

تعیین رنگ پوسته نان

تعیین رنگ پوسته‌های نان با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Hunter Associated Lab, Inc., Reston, VA, USA) انجام شد. نان‌ها در ابعاد ۴× ۴ سانتی‌متر برش داده شده و درون ظرف شیشه‌ای مخصوص قرار گرفت. برای جلوگیری از نفوذ نور، ظرف با کاپ تیره رنگ مخصوص دستگاه پوشانیده شد. سپس شاخص‌های رنگی پوسته‌های نان شامل میزان روشنایی (L^*)، زردی (b^*) و قرمزی (a^*) با ۵ تکرار از نقاط مختلف نان تعیین شد (Agrahar-Murugkar, 2020).

ارزیابی حسی نان

به‌منظور انجام ارزیابی حسی نان‌ها از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱، بسیار بد و ۵، بسیار خوب) استفاده شد. ویژگی‌های حسی نان‌ها

---
1 Resistance to extension /Extensibility (R/E)

شامل طعم، بو، رنگ، بافت و پذیرش‌کلی توسط ۱۵ ارزیاب، بررسی شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) با کمک نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۶، ایالات متحده آمریکا) انجام گردید. به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آرد کنجد و آردهای سنگک و بربری در مقادیر مختلف جایگزینی با آرد کنجد، در جدول ۱ آورده شده است. مطابق نتایج، با افزایش میزان درصد آرد کنجد، میزان خاکستر، پروتئین و اسیدیته آردهای سنگک و بربری به‌طور معنی‌دار افزایش و میزان رطوبت و گلوتن آن‌ها کاهش یافت ($p<0/05$). دلیل این تغییرات بیشتر به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آرد کنجد مرتبط بود.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آرد سنگک و بربری در مقادیر مختلف جایگزینی با آرد کنجد

Table 1- Physical and chemical characteristics of Sangak and Barbari flours in different amounts of replacement with sesame flour

Flour sample		Ash (%)	Moisture (%)	Protein (%)	Wet gluten (%)	Acidity (%)	Peroxide (meq O_2/kg)
Sangak	0	1.27 ± 0.02^{b}	13.23 ± 0.12^{a}	12.63 ± 0.06^{c}	33.53 ± 0.40^{a}	1.40 ± 0.00^{d}	0.75 ± 0.20^{a}
	5	1.29 ± 0.01^{b}	12.77 ± 0.25^{b}	12.67 ± 0.06^{c}	32.80 ± 0.10^{b}	1.53 ± 0.06^{c}	0.75 ± 0.10^{a}
	10	1.33 ± 0.01^{a}	12.23 ± 0.06^{c}	12.78 ± 0.12^{b}	32.07 ± 0.15^{c}	1.57 ± 0.00^{b}	0.76 ± 0.15^{a}
	15	1.34 ± 0.02^{a}	11.93 ± 0.21^{d}	13.13 ± 0.06^{a}	31.10 ± 0.36^{d}	1.65 ± 0.06^{a}	0.77 ± 0.10^{a}
Barbari	0	0.85 ± 0.02^{b}	13.23 ± 0.06^{a}	10.73 ± 0.12^{b}	28.97 ± 0.21^{a}	1.03 ± 0.06^{c}	0.65 ± 0.30^{a}
	5	0.85 ± 0.01^{b}	12.80 ± 0.10^{b}	10.77 ± 0.06^{b}	27.23 ± 0.15^{b}	1.10 ± 0.02^{c}	0.65 ± 0.20^{a}
	10	0.86 ± 0.01^{b}	12.07 ± 0.06^{c}	11.00 ± 0.00^{a}	25.77 ± 0.16^{c}	1.15 ± 0.00^{b}	0.67 ± 0.21^{a}
	15	0.88 ± 0.01^{a}	11.80 ± 0.20^{d}	11.10 ± 0.00^{a}	24.13 ± 0.12^{d}	1.25 ± 0.06^{a}	0.68 ± 0.20^{a}
Sesame flour		3.25 ± 0.20	0.80 ± 0.03	20.8 ± 0.21	-	1.78 ± 0.20	0.66 ± 0.10

*داده‌ها، میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد می‌باشند. حروف مختلف در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

*Data are the mean of three replicates ± standard deviation. Different letters in each column indicate significant differences between means at the 95% confidence level.

مطابق نتایج، میزان خاکستر موجود در آرد سنگک، بیشتر از آرد بربری بود و این امر به دلیل درصد استخراج بالاتر و میزان سبوس و مواد معدنی بیشتر در آرد سنگک نسبت به آرد بربری است. میزان خاکستر آرد کنجد نیز بیشتر از دو نوع آرد دیگر به‌دست آمد. Obeta و همکاران (۲۰۲۰) و Bilyk و همکاران (۲۰۱۸) نیز به‌ترتیب میزان خاکستر کنجد را ۳/۴۰ و ۴/۸ درصد گزارش کردند. این اختلاف در میزان خاکستر می‌تواند به‌دلیل تفاوت در رقم و شرایط جغرافیایی کشت دانه باشد (Obeta et al., 2020Bilyk et al., 2018). به دلیل میزان خاکستر بیشتر، با افزایش میزان جایگزینی آرد کنجد، میزان خاکستر آردهای ترکیبی به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد ($p<0/05$). از آنجا که آرد کنجد حاوی مقدار زیادی مواد معدنی است (Tanwar and Goyal, 2021, Bilyk et al., 2018)، خاکستر آن حدود ۲ تا ۲/۵ درصد از آرد گندم بیشتر به‌دست آمد (جدول ۱) و افزایش مقدار خاکستر در آردهای ترکیبی با افزایش میزان جایگزینی، قابل انتظار بود. در مطالعه‌ای که Tavan و همکاران (۲۰۱۷) بر تأثیر کنجاله کنجد و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا بر ویژگی‌های نان بربری انجام دادند نیز به این نتیجه رسیدند که افزودن کنجاله کنجد، مقدار خاکستر را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Tavan et al., 2017).

با افزایش میزان جایگزینی آرد کنجد در آردهای سنگک و بربری، میزان رطوبت کاهش معنی‌دار پیدا کرد ($p<0/05$)، به‌طوری که نمونه شاهد در هر دو آرد، دارای بیشترین میزان رطوبت و نمونه های دارای ۱۵ درصد جایگزینی، به دلیل میزان رطوبت کمتر آرد کنجد (۰/۸۰ ±۰/۰۳ درصد) نسبت به آرد گندم (حدود ۱۳ درصد) کمترین میزان رطوبت را دارا بودند. از نظر مقایسه میزان پروتئین، نمونه‌های آرد سنگک دارای پروتئین بیشتری نسبت به نمونه‌های آرد بربری بود و آرد کنجد نیز میزان پروتئین بیشتری (۲۰/۸ درصد) از دو نوع آرد دیگر (حدود ۱۳ درصد) داشت. Obeta و همکاران (۲۰۲۰) و Bilyk و همکاران (۲۰۱۸) نیز میزان پروتئین کنجد را به‌ترتیب ۲۳ و ۱۹/۴ درصد گزارش کردند. از آنجا که میزان پروتئین آرد کنجد از آرد گندم بیشتر است، با افزایش میزان جایگزینی، مقدار پروتئین آردهای ترکیبی نیز افزایش معنی‌دار پیدا کرده است ($p<0/05$). به‌طوری که نمونه آرد سنگک با جایگزینی ۱۵ درصد، دارای بیشترین (۱۳/۱۳ درصد) و نمونه شاهد آرد بربری دارای کمترین مقدار پروتئین (۱۰/۷۳

درصد) در بین نمونه‌های موجود بود (Bilyk et al., 2018, Obeta et al., 2020). Makinde و Akinoso (۲۰۱۴) نیز در مطالعه‌ای با هدف غنی‌سازی آرد گندم با آرد کنجد سیاه، نشان دادند که با افزایش میزان آرد کنجد، میزان پروتئین نمونه‌های نان غنی شده به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند (Makinde and Akinoso, 2014). از نظر مقدار گلوتن مرطوب، از آنجا که آرد کنجد جزء آردهای بدون گلوتن است، بنابراین افزایش میزان جایگزینی، سبب کاهش معنی داری در مقدار گلوتن آردهای ترکیبی شد (p<۰/۰۵).

میزان بالای اسیدیته آرد کنجد (۰/۲۰± ۱/۷۸ درصد)، می‌تواند به‌دلیل حضور اسیدهای چرب غیراشباع و حساسیت آن نسبت به شرایط تولید، حمل و نقل و نگهداری و به دنبال آن افزایش اسیدیته در آرد باشد (Rangkadilok et al., 2010). همین دلیل با افزایش درصد جایگزینی آرد کنجد، میزان اسیدیته آردهای ترکیبی به‌طور معنی‌دار افزایش پیدا کرد (p<۰/۰۵). نتایج آزمون تعیین عدد پراکسید نمونه‌های آرد پس از مدت زمان ۶۰ روز نگهداری در بسته‌های پلی پروپیلنی در دمای محیط (۲۰-۲۵ درجه سلسیوس)، نشان داد که در مقدار عدد پراکسید نمونه‌های آرد بربری و سنگک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵) و مهمتر این که اعداد پراکسید تمام نمونه‌ها در محدوده استاندارد (کمتر از ۱) قرار داشت.

دانه‌بندی آرد با استفاده از الک‌ها با مش‌های ٤٧٥، ۱۸۰ و ۱۲۵ میکرومتر

اندازه ذرات یا دانه‌بندی نمونه‌های مختلف آردهای سنگک و بربری به همراه محدوده استاندارد قابل قبول در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- اندازه ذرات آردهای سنگک و بربری حاوی مقادیر مختلف جایگزینی آرد کنجد (درصد رو و زیر الک‌ها)

Table 2- Particle size of Sangak and Barbari flours containing different amounts of sesame flour replacement (percentage of above and under the sieves)

Replacement of flours (%)		On the sieve of 475	On the sieve of 180	On the sieve of 125	Under the sieve of 125
Sangak	0	0.1± 0.01[d]	10.8± 0.01[d]	11.5± 0.07[d]	77.6± 0.02[a]
	5	0.2± 0.01[c]	11.7± 0.01[c]	17.1± 0.01[c]	71.00± 0.07[b]
	10	1.1± 0.01[b]	16.1± 0.01[b]	16.1± 0.07[b]	58.8± 0.03[c]
	15	1.2± 0.01[a]	19.3± 0.01[a]	19.3± 0.02[a]	49.5± 0.01[d]
Standard range		Max. 5	Max. 25	Max. 30	Min. 40
Barbari	0	0.05± 0.01[d]	6.4± 0.01[d]	13.1± 0.01[d]	80.45± 0.01[a]
	5	0.30± 0.01[c]	8.8± 0.10[c]	15.1± 0.01[c]	75.48± 0.01[b]
	10	0.5± 0.01[b]	11.4± 0.01[b]	19.2± 0.01[b]	68.9± 0.01[c]
	15	1.00± 0.01[a]	22.00± 0.01[a]	21.1± 0.01[a]	55.9± 0.01[d]
Standard range		Max. 2	Max. 18	Max. 30	Min. 50

* داده‌ها، میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد می‌باشند. حروف مختلف در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

* Data are the mean of three replicates ± standard deviation. Different letters in each column indicate significant differences between means at the 95% confidence level.

اندازه ذرات آرد (دانه‌بندی) در میزان و سرعت جذب آب و ویژگی‌های شیمیایی، کیفی و رئولوژیکی خمیر و در نهایت یکنواختی بافت محصول نهایی تاثیر دارد (Azeem et al., 2020, Ahmed et al., 2019). بنابراین تعیین اندازه ذرات آرد ضروری می‌باشد. مطابق نتایج جدول ۲، آزمون دانه‌بندی برای همه نمونه‌های آرد در محدوده استاندارد قرار داشت. به علاوه در نمونه‌های آرد سنگک و بربری با افزایش درصد جایگزینی آرد کنجد، اندازه ذرات روی الک‌ها افزایش یافت. همچنین، در آزمون تعیین ذرات زیر الک ۱۲۵ میکرون، اندازه ذرات کاهش پیدا کرد که موید نتایج حاصل از دانه‌بندی توسط سایر الک‌های مورد استفاده می‌باشد. دلیل اصلی این امر می‌تواند حضور روغن در آرد کنجد و ایجاد خاصیت چسبندگی در آردها و باقی ماندن ذرات بیشتر روی الک و عبور کمتر از توری الک‌ها باشد.

نتایج آزمون‌های فارینوگراف و اکستنسوگراف

نتایج بررسی ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی خمیرهای حاصل از آردهای سنگک و بربری با درصدهای مختلف جایگزینی آرد کنجد، در جدول ۳ آورده شده است. مطابق نتایج جدول ۳، با افزایش میزان آرد کنجد، میزان جذب آب در مورد هر دو نوع آرد سنگک و بربری کاهش پیدا کرده است. این امر می‌تواند به‌دلیل وجود ترکیبات آب‌گریز نظیر لیپیدها و کاهش ظرفیت جذب آب در آردهای ترکیبی باشد. به علاوه لیپیدها می‌توانند پروتئین‌ها (به‌ویژه گلوتن) و نشاسته را به‌طور نسبی احاطه کرده و از جذب آب توسط آن‌ها پیشگیری کنند (Aghamirzaei et al., 2018). در مطالعه‌ای Jovinipour (۲۰۲۱)، روی تأثیر جایگزین کردن آرد گندم با آرد کنجد، بیان کردند افزایش میزان روغن با افزایش مقدار آرد کنجد، سبب کاهش معنی‌داری در

میزان رطوبت نان نسبت به نمونه شاهد شد (Jovinipour, 2021). اما در برخی از مطالعه‌های انجام شده در زمینه افزودن دانه‌های روغنی به آرد گندم، گزارش شده است که میزان جذب آب نمونه‌های ترکیبی آرد، افزایش پیدا می‌کند و این امر را به سایر ترکیبات موجود در دانه‌ها نظیر فیبرها، صمغ‌ها و موسیلاژها که قدرت جذب آب بالایی دارند، نسبت داده‌اند (Gül and Şen, 2017, Rajiv et al., 2012). اما از آنجا که دانه کنجد، صمغ یا موسیلاژ تولید نمی‌کند و میزان فیبر (۱۲ درصد) نسبت به مقدار روغن (۳۱ –۴۸ درصد) در دانه کمتر است (Obeta et al., 2020Bilyk et al., 2018)، میزان روغن موجود، عامل اصلی تعیین کننده در مقدار جذب آب است. از طرفی کوچک بودن اندازه ذرات آرد، عامل مهمی در میزان بیشتر جذب آب محسوب می‌شود. با افزایش اندازه ذرات آرد در اثر جایگزینی (جدول ۲)، میزان جذب آب نیز کاهش پیدا می‌کند.

جدول ۳- ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی خمیرهای حاصل از آردها با درصدهای مختلف جایگزینی

Table 3- Farinograph and extensograph characteristics of dough samples obtained from flours with different replacement percentages

Replacement of flours (%)		Water absorption (%)	Development time (min)	Stability (min)	Mixing Tolerance Index (BU)	R/E (Cm/N)
Barbari	0	54.55± 0.07[a]	1.90± 0.14[d]	2.41± 0.01[a]	48.00± 1.41[d]	1.65± 0.07[a]
	5	49.45± 2.90[b]	1.93± 0.11[c]	2.40± 0.00[b]	51.00± 0.00[c]	1.60± 0.01[b]
	10	47.55± 0.49[c]	1.95± 0.06[b]	2.38± 0.04[c]	54.00± 1.41[b]	1.45± 0.07[c]
	15	45.50± 0.00[d]	2.15± 0.07[a]	2.28± 0.04[d]	62.5± 2.12[a]	1.30± 0.01[d]
Sangak	0	63.45± 0.49[a]	2.95± 0.07[d]	3.30± 0.14[a]	50.5± 0.71[d]	1.80± 0.01[a]
	5	58.30± 1.84[b]	2.90± 0.14[c]	3.20± 0.14[b]	53.00± 1.40[c]	1.73± 0.04[b]
	10	56.20± 0.14[c]	3.60± 0.28[b]	3.15± 0.35[c]	57.00± 1.41[b]	1.63± 0.04[c]
	15	53.45± 0.49[d]	3.65± 0.21[a]	2.90± 0.28[d]	63.5± 2.10[a]	1.51± 0.01[d]

* داده‌ها، میانگین سه تکرار ±انحراف استاندارد می‌باشند. حروف مختلف در هر ستون، نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

* Data are the mean of three replicates ± standard deviation. Different letters in each column indicate significant differences between means at the 95% confidence level

زمان گسترش خمیر که از زمان اضافه کردن آب به آرد تا رسیدن خمیر به حداکثر قوام محاسبه می‌شود، در هر دو نوع آرد، با افزایش میزان جایگزینی آرد دانه کنجد افزایش معنی‌داری یافت ($p<0.05$). این امر احتمالا به دلیل کاهش سرعت و میزان تشکیل شبکه گلوتنی و ضعیف شدن آن در نمونه‌های آرد ترکیبی نسبت به نوع شاهد است. احتمالا روغن به‌عنوان یک عامل روان کننده برای پوشش‌دهی سطح ذرات آرد، با آب رقابت کرده و از تشکیل شبکه کامل گلوتنی پیشگیری می‌کند (Kumar et al., 2013). در جدول ۱، نیز مشخص شد با این که با افزایش میزان جایگزینی، میزان کل پروتئین در نمونه‌های آرد ترکیبی نسبت به آردهای شاهد افزایش یافت، اما میزان گلوتن کاهش پیدا کرد که در نتیجه آن شبکه گلوتنی ضعیف شد. به‌علاوه وجود روغن در دانه کنجد نیز به‌دلیل خاصیت آب‌گریزی می‌تواند در جذب آب، هم‌زدن مناسب خمیر و زمان گسترش خمیر، اختلال ایجاد کند.

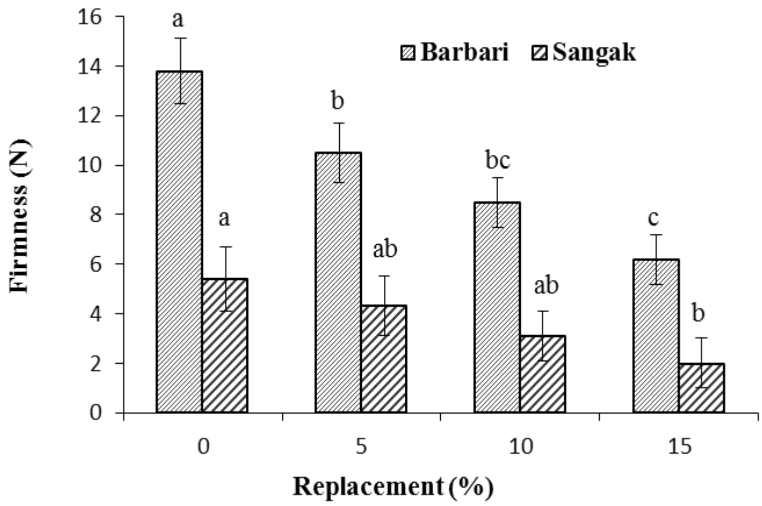
زمان پایداری خمیر، اختلاف زمان رسیدن منحنی به خط ۵۰۰ واحد برابندر (حداکثر قوام) تا زمان ترک این خط توسط منحنی است که هر چه این میزان بیشتر باشد توانایی خمیر نسبت به مخلوط کردن افزایش می‌یابد (Catterall and Cauvain, 2007). همان‌طور که ذکر شد، با افزایش میزان جایگزینی آرد کنجد، شبکه گلوتنی که مسئول ایجاد پایداری خمیر در برابر مخلوط کردن است، رقیق می‌شود. به‌طوری که در هر دو نمونه آرد، بالاترین پایداری مرتبط با نمونه شاهد به دست آمد.

طبق تعریف، درجه نرم شدن یا شاخص تحمل خمیر به مخلوط کردن اضافی (۱۲ دقیقه)، مقدار افت در واحد فارینوگراف از خط استاندارد ۵۰۰ واحد برابندر است (Catterall and Cauvain, 2007). هر چه شبکه گلوتنی قدرت و انسجام بیشتری داشته باشد، میزان انحراف از خط ۵۰۰ واحد برابندر کمتر است. مطابق نتایج جدول ۳، با افزودن آرد کنجد، این شاخص افزایش پیدا کرد که بیانگر ضعیف شدن شبکه گلوتنی خمیر بود (De Lamo and Gómez, 2018).

مقدار مقاومت به کشش/ کشش‌پذیری (R/E)، معیاری برای بررسی قوت خمیر در زمان تخمیر است. هر چه این مقدار بیشتر باشد، خمیر زمان بیشتری را در طول زمان تخمیر، تحمل می‌کند. همان‌طور که از نتایج جدول ۳ مشخص است، با افزایش میزان جایگزینی آرد کنجد، این نسبت کاهش می‌یابد که بیانگر ضعیف شدن شبکه گلوتنی است. به‌طور کلی در پژوهش‌های مختلف، گزارش شده است که افزودن دانه‌های روغنی به طور معمول سبب کاهش مقاومت خمیر به کشش و ضعیف شدن آن می‌شوند (Rajiv et al., 2012).

سفتی بافت نان

نتایج بررسی میزان سفتی بافت نان در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به نتایج شکل ۱ مشاهده می‌شود که با افزایش میزان درصد جایگزینی آرد کنجد، کاهش معنی‌داری در سفتی بافت نمونه های نان بربری و سنگک ایجاد شد (p<۰/۰۵). در مورد نان بربری، نمونه شاهد بافت سفت‌تری از سایر نمونه‌ها داشت و نمونه‌های دارای ۵ و ۱۰ درصد آرد کنجد کمترین میزان سفتی بافت را داشتند. در مورد نان سنگک، نمونه‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد آرد کنجد از نظر سفتی بافت، اختلاف معنی‌داری با هم و با نمونه شاهد نداشتند (p>۰/۰۵) و بین نمونه‌های حاوی آرد کنجد نیز اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵). استفاده از ۱۵ درصد آرد کنجد در نان سنگک، موجب شد که نیروی کمتری برای نفوذ در بافت آن استفاده شود که به معنی نرم‌تر شدن بافت این نان نسبت به نمونه شاهد است. یکی از دلایل کاهش سفتی بافت می‌تواند خاصیت آبگریزی روغن کنجد و جلوگیری از جذب آب کافی توسط نشاسته و به‌دنبال آن کاهش میزان ژلاتینه شدن و برگشت نشاسته به عقب و در نهایت کاهش سفتی نان‌ها باشد. اما در مقادیر کم جایگزینی (۵ و ۱۰ درصد) به‌ویژه در نان سنگک، به‌دلیل تأثیر کمتر، روغن اثر معنی داری بر سفتی بافت نان‌ها نداشت (p>۰/۰۵). از طرفی روغن در به-دام انداختن سلول‌های گازی و ایجاد تخلخل و جلوگیری از سفت شدن بافت هم می‌توانند مؤثر باشند. همچنین روغن می‌تواند سرعت حرکت یا مهاجرت آب از مرکز نان به سطح را کاهش داده و سفت شدن بافت را به تأخیر اندازد (Farmani et al., 2016).



شکل ۱- سفتی بافت مغز نان‌های سنگک و بربری

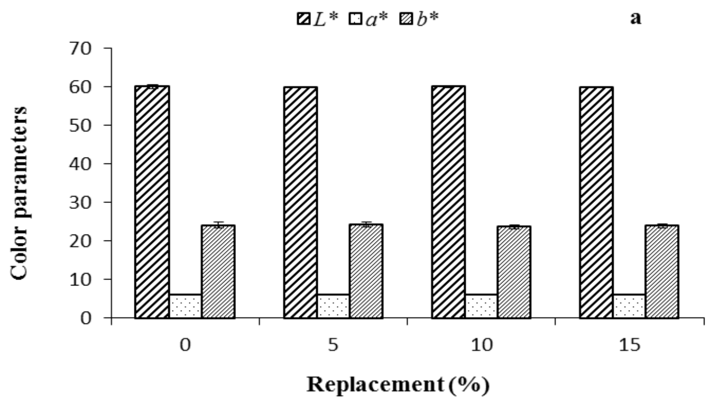
داده‌ها، میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد می‌باشند. حروف کوچک لاتین نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

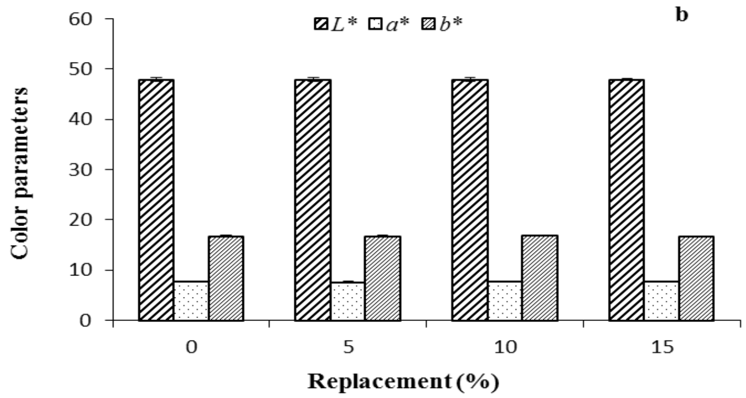
Fig. 1. Firmness of Sangak and Barbari

Data are the mean of three replicates ± standard deviation. Different letters in each column indicate significant differences between means at the 95% confidence level.

رنگ پوسته نان

نتایج ارزیابی شاخص‌های رنگی پوسته نان‌های سنگک و بربری به‌ترتیب در شکل ۲ الف و ب نشان داده شده است. رنگ نان علاوه بر اجزای مورد استفاده در فرمولاسیون وابسته به فرآیند پخت است. معمولاً رنگ انواع نان از طلایی تا قهوه‌ای متغیر است. واکنش میلارد و ایجاد هیدروکسی متیل فورفورال و ملانوئیدین‌ها عوامل اصلی ایجاد رنگ پوسته نان‌ها هستند. وقتی دما به بالای ۱۲۰ درجه سلسیوس می‌رسد و میزان فعالیت آبی به زیر ۰/۶ کاهش پیدا می‌کند، واکنش میلارد اتفاق می‌افتد. گزارش شده است که تغییرات مشخص در میزان شاخص‌های رنگی نان بیشتر زمانی اتفاق می‌افتد که دانه های کامل، به‌خصوص اگر رنگی باشند، در فرمولاسیون مورد استفاده قرار گیرند. مطابق با نتایج شکل ۲، رنگ نان‌های مورد بررسی روشنی کم (مقدار شاخص روشنی ۶۰ و کمتر) و به دلیل مقادیر شاخص‌های a^* و b^* مثبت، متمایل به زرد و قرمز است (Melini et al., 2021). با افزایش میزان آرد کنجد در فرمولاسیون، میزان شاخص‌های روشنایی (L^*) ، قرمزی (a^*) و زردی (b^*) پوسته نان‌ها اختلاف آماری معنی‌داری را نشان ندادند (p>۰/۰۵). اما، طی پژوهشی، Agrahar-Murugkar گزارش کردند که افزودن آرد کنجد به فرمول نان گندم میزان شاخص‌های رنگی را به صورت جزیی اما معنی‌دار تغییر داده است (Agrahar-Murugkar, 2020).





شکل ۲- شاخص‌های رنگ پوسته نان‌های سنگک (الف) و بربری (ب).

داده‌ها، میانگین پنج تکرار ± انحراف استاندارد در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

Fig. 2. Crust color of Sangak (a) and Barbari (b)

Data are the mean of five replicates ± standard deviation at the 95% confidence level.

جدول ٤- نمایه اسیدهای چرب اصلی آردهای گندم و کنجد و نمونه‌های نان (درصد)

Table 4- Main fatty acids profile of wheat and sesame flours and bread samples (%)

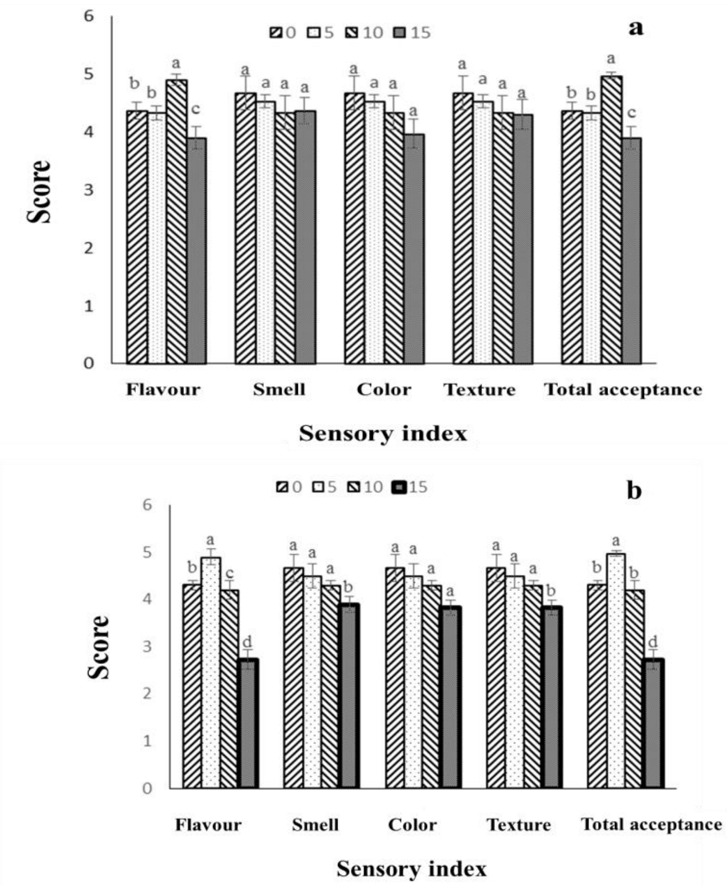
Bread sample		Main fatty acids			
		Palmitic (C16:0)	Stearic (C18:0)	Oleic (C18:1)	Linoleic (C18:2)
Sangak	0	23.94± 0.88[a]	3.99± 0.02[b]	17.37± 0.87[b]	46.15± 0.98[a]
	5	22.10± 0.15[b]	4.92± 0.19[a]	19.81± 0.39[ab]	44.63± 0.48[ab]
	10	21.99± 0.36[c]	5.556± 0.20[a]	23.73± 0.60[ab]	44.79± 0.27[ab]
	15	20.48± 0.12[d]	5.76± 0.05[a]	27.94± 0.07[a]	43.65± 1.05[b]
Barbari	0	23.03± 0.50[a]	4.20± 0.04[b]	17.93± 0.99[b]	46.53± 1.03[a]
	5	22.51± 0.27[b]	5.05± 0.81[ab]	19.70± 0.48[ab]	45.01± 0.52[ab]
	10	21.15± 0.26[c]	5.22± 0.17[a]	23.98± 0.61[a]	45.00± 2.36[ab]
	15	20.65± 0.51[d]	5.84± 0.05[a]	27.19± 0.52[a]	44.08± 0.58[b]
Wheat flour		23.83± 0.81	3.75± 0.38	17.27± 0.21	46.25± 0.71
Sesame flour		11.07± 0.20	2.66± 0.30	40.36± 0.30	42.52± 0.50

* داده‌ها، میانگین سه تکرار ± انحراف استاندارد می‌باشند. حروف مختلف در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

* Data are the mean of three replicates ± standard deviation. Different letters in each column indicate significant differences between means at the 95% confidence level.

نمایه اسیدهای چرب نمونه‌های آرد و نان

مطابق نتایج جدول ۴، بیشترین اسیدهای چرب موجود در آرد کنجد به ترتیب اسید لینولئیک، اولئیک، پالمیتیک و استئاریک و اسیدهای لینولئیک، پالمیتیک، اولئیک و استئاریک، عمده‌ترین اسیدهای چرب در آرد گندم بودند. به همین دلیل با افزایش میزان آرد کنجد در فرمولاسیون نان‌های سنگگ و بربری، میزان اسیدهای چرب پالمیتیک و لینولئیک کاهش و برعکس میزان اسیدهای چرب استئاریک و اولئیک افزایش معنی‌دار پیدا کرد (p<۰/۰۵). بالاتر بودن میزان اسید اولئیک در آرد کنجد (۰/۳۰± ۴۰/۳۶ درصد) نسبت به آرد گندم (۰/۲۱± ۱۷/۲۷ درصد) و همچنین کمتر بودن مقدار اسید لینولئیک در آرد کنجد (۰/۵۰± ۴۲/۵۲ درصد) در مقایسه با آرد گندم (۰/۷۱± ۴۶/۲۵ درصد)، می‌تواند سبب پایداری بیشتر محصول در مقابل اکسید شدن در طول مدت زمان نگهداری شود. علاوه بر این، به دلیل مقدار کم اسیدهای چرب اشباع و نسبت متعادل اسید اولئیک و لینولئیک، روغن کنجد از نظر تغذیه‌ای نیز با ارزش است. تحقیقات نشان داده‌اند که مصرف آرد کامل کنجد می‌تواند میزان کلسترول بد خون را تا میزان ۵۰ درصد کاهش و کلسترول خوب را تا میزان ۸۵ درصد افزایش دهد (Jafarnejadi et al., 2018).



شکل ۳- شاخص‌های ارزیابی حسی نان‌های سنگک (الف) و بربری (ب) با درصدهای مختلف آرد کنجد

داده‌ها، میانگین پانزده تکرار ±انحراف استاندارد می‌باشند. حروف کوچک لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ است.

Fig. 3. Sensory evaluation of Sangak (a) and Barbari (b) with different percentages of sesame flour.

Data are the mean of fifteen replicates± standard deviation. Latin lowercase letters indicate significant differences between means at the 95% confidence level.

ارزیابی حسی

طعم و بوی نان و پذیرش کلی آن، وابسته به مواد موجود در فرمولاسیون متفاوت است و بر اساس ذائقه افراد، میزان پذیرش آن نیز متفاوت خواهد بود. با توجه به شکل ۳ در نان‌های سنگک فقط بین شاخص‌های طعم و پذیرش کلی اما در نان‌های بربری بین تمام شاخص‌های ارزیابی نان به غیر از رنگ، تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۵). بیشترین و کمترین امتیاز طعم در نان سنگک به ترتیب مرتبط با نمونه حاوی ۱۰ و ۱۵درصد آرد کنجد بود. در مورد نان بربری نیز بیشترین و کمترین امتیاز به‌ترتیب مربوط به نان بربری حاوی ۵ و ۱۵ درصد آرد کنجد بود. دلیل کم بودن امتیاز طعم در

نمونه‌های با ۱۵ درصد جایگزینی، طعم مشخص و غالب تند و نسبتاً تلخ حاصل از آرد کنجد در نان‌ها بود. Abd-Allah و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کردند که بو و طعم کنجد در مقادیر بالای مورد استفاده (۱۰ درصد و بالاتر) توسط ارزیاب‌ها نامناسب گزارش شده است (Abd_Allah et al., 2017). این میزان جایگزینی در بوی نمونه‌های نان سنگک قابل تشخیص نبود اما در نمونه‌های بربری اختلاف معنی‌دار با بقیه نمونه‌ها مشاهده شد ($p<0/05$).

در رابطه با رنگ نمونه‌ها، اختلاف آماری معنی‌داری بین نمونه-های نان مشاهده نشد ($p>0/05$) که با نتایج شکل ۲، در رابطه با ارزیابی دستگاهی رنگ نان‌ها همخوانی دارد. در ارزیابی پذیرش کلی نان‌های بربری و سنگک، به‌ترتیب نمونه‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد آرد کنجد بالاترین امتیاز را به‌خود اختصاص دادند. در پژوهش‌های پیشین در زمینه تهیه نان با آردهای گندم و کنجد نیز بیان شده است که جایگزینی آرد کنجد از ۵- ۱۰ درصد سبب بهبود ویژگی‌های حسی و افزایش پذیرش کلی نان می‌گردد (Makinde and Akinoso, 2014). Obeta و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش کردند که غنی‌سازی آرد گندم با آرد کنجد سبب بهبود ویژگی‌های حسی (طعم، بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی) نان می‌گردد (Obeta et al., 2020).

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، به‌منظور غنی‌سازی نان‌های سنگک و بربری از آرد کنجد در مقادیر صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد استفاده شد. نتایج نشان داد که افزودن آرد کنجد سبب افزایش میزان پروتئین و مواد معدنی (خاکستر) آردها می‌شود. اما به‌دلیل تضعیف شبکه گلوتنی، ویژگی‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی خمیر با افزایش میزان آرد کنجد، کاهش پیدا کرد. نتایج ارزیابی ویژگی‌های نان‌ها نشان داد که افزایش میزان آرد کنجد در فرمولاسیون نان، سبب کاهش سفتی یا نرم‌تر شدن بافت نان‌ها شد و در ویژگی‌های رنگی نان (شاخص‌های L^*، a^* و b^*) نیز اثر معنی‌داری نداشت ($p>0/05$). به علاوه ترکیب اسیدهای چرب آن‌ها نیز بهبود پیدا کرد. در نهایت مطابق با بررسی نتایج به‌دست آمده از آزمونه‌های ذکر شده و نتایج حاصل از ارزیابی حسی، به‌ترتیب نمونه‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد آرد کنجد از نان‌های بربری و سنگک، بالاترین امتیاز پذیرش کلی را به‌خود اختصاص دادند که بیانگر مطلوب بودن ویژگی‌های حسی این نان‌ها از نظر داوران بود. بنابراین استفاده از مقادیر ذکر شده به‌دلیل ارزیابی حسی بالاتر و نداشتن اختلاف آماری از نظر بافت و رنگ با نمونه‌های شاهد، در تولید در مقیاس وسیع نان‌های سنگک و بربری پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. AACC. (2000). American Association of Cereal Chemists, Approved methods of analysis of the AACC. 10. ed. St. Paul.
2. Abd-Allah, E. F., Hashem, A., Alqarawi, A. A., Wirth, S. & Egamberdieva, D. (2017). Calcium application enhances growth and alleviates the damaging effects induced by Cd stress in sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Plant Interactions, 12, 237-243. https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1319500
3. Abirached, C., Bonifacino, C., Dutto, E., Velazco, L., Jorge, F. & Vieitez, I. (2020). Study of sesame seeds antioxidant and emulsifying properties: Original high-quality research paper. *The Journal of Supercritical Fluids*, 166, 104994. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2020.104994
4. Aghamirzaei, M., Peighambardoust, S., Azadmard-Damirchi, S. & Majzoob, M. (2018). Effects of Grape Seed Powder as a Functional Ingred ient on Flour Physicochemical Characteristics and Dough Rheological Properties. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17, 365-373. http://hdl.handle.net/123456789/4234
5. Agrahar-Murugkar, D. (2020). Food to food fortification of breads and biscuits with herbs, spices, millets and oilseeds on bio-accessibility of calcium, iron and zinc and impact of proteins, fat and phenolics. *LWT*, 130, 109703. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109703
6. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdeshah, H. and Kazemian, A., (2019). Agricultural statistics of the crop year 2017-2018, Volume 1: crops. Ministry of Jihad Agriculture Publications, Tehran.
7. Ahmed, J., Thomas, L. & Arfat, Y. A. (2019). Functional, rheological, microstructural and antioxidant properties of quinoa flour in dispersions as influenced by particle size. *Food Research International*, 116, 302-311. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.039
8. Azeem, M., Mu, T. H. & Zhang, M. (2020). Influence of particle size distribution of orange-fleshed sweet potato flour on dough rheology and simulated gastrointestinal digestion of sweet potato-wheat bread. *LWT*, 131, 109690. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109690
9. Benayad, A., Taghouti, M., Benali, A., Aboussaleh, Y. & Benbrahim, N. (2021). Nutritional and technological assessment of durum wheat-faba bean enriched flours, and sensory quality of developed composite bread. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28, 635-642. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.10.053

10. Bilyk, O., Bondarenko, Y., Hryshchenko, A., Drobot, V., Kovbasa, V. & Shutyuk, V. (2018). Studying the effect of sesame flour on the technological properties of dough and bread quality. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3, 6-16. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133233
11. Catterall P. & Cauvain, S. P. (2007). Flour milling. Technology of breadmaking. Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-38565-7_12
12. Das, R. & Bhattacharjee, C. (2015). Processing sesame seeds and bioactive fractions. Processing and impact on active components in food, 385-394. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00046-9
13. De Lamo, B. & Gómez, M. (2018). Bread enrichment with oilseeds. A review. Foods, 7, 191. https://doi.org/10.3390/foods7110191
14. Dziki, D., Różyło, R., Gawlik-Dziki, U. & Świeca, M. (2014). Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 40, 48-61. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.07.010
15. Farmani, J., Miarkiani, F. & Maghsoudlou, Y. (2016). Dough characteristics, baking performance, and staling of taftoon bread as affected by supplementation with sesame oil. *Journal of Culinary Science & Technology*, 14, 318-331. https://doi.org/10.1080/15428052.2016.1138916
16. Grimm, J. W. & Sauter, F. (2020). Environmental enrichment reduces food seeking and taking in rats: A review. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 190, 172874. https://doi.org/10.1016/j.pbb.2020.172874
17. Gul, H. & Şen, H. (2017). Effects of pomegranate seed flour on dough rheology and bread quality. *CyTA-Journal of Food*, 15, 622-628. https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1327461
18. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, (ISIRI). (2018a). Animal and vegetable fats and oils - Determination of peroxide value - Iodometric (visual) endpoint determination. ISIR No. 4179, 2nd Revision.
19. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, (ISIRI). (2018b). Wheat flour – Specifications and test methods. ISIR No. 103, 6th Revision.
20. Jafarnejadi, A., Eyvazzadeh, O. & Azizi-Tabrizad, M. (2018). Evaluating the influence of sesame oil and Psyllium seed mucilage usage, on the sensory and chemical properties of oil cake. *Journal of food science and technology* (In Persian), 14(72), 133-153.
21. Jannati, N., Hojjatoleslamy, M., Hosseini, E., Mozafari, H. R. & Siavoshi, M. (2018). Effect of apple pomace on rheological properties of dough and Sangak bread texture. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, 10(2), 77–84.
22. Jovinipour, S. (202)1. Investigating the function of replacing wheat flour with whole sesame powder on the farinographic, chemical and sensory properties of Sangak bread. 2nd International Congress on Food Science & Technology & Agriculture and Food Security, Tehran, Iran.
23. Kumar, R., Livneh, B. & Samaniego, L. (2013). Toward computationally efficient large-scale hydrologic predictions with a multiscale regionalization scheme. *Water Resources Research*, 49, 5700-5714. https://doi.org/10.1002/wrcr.20431
24. Lachowicz, S., Świeca, M. & Pejcz, E. (2021). Biological activity, phytochemical parameters, and potential bioaccessibility of wheat bread enriched with powder and microcapsules made from Saskatoon berry. *Food Chemistry*, 338, 128026. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128026
25. Majzoobi, M., Ghavi, F. S., Farahnaky, A., Jamalian, J. & Mesbahi, G. (2011). Effect of tomato pomace powder on the physicochemical properties of flat bread (Barbari bread). *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, 247-256. https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00447.x
26. Makinde, F. & Akinoso, R. (2014). Physical, nutritional and sensory qualities of bread samples made with wheat and black sesame (*Sesamum indicum Linn*) flours. *International Food Research Journal*, 21, 1635.
27. Melini, V., Melini, F., & Acquistucci, R. (2020). Nutritional characterization of an Italian traditional bread from ancient grains: the case study of the durum wheat bread “Pane di Monreale.” European Food Research and Technology, 247(1), 193–200. https://doi.org/10.1007/s00217-020-03617-6
28. Moazeni, M., Zarringhalami, S. & Ganjloo, A. (2018). Effect of barbari dough enrichment with quinoa whole flour on farinograph characteristics and bread quality. *Journal of Food Research* (University of Tabriz), 28(4), 103-112.
29. Obeta, N. A., Otuu, C. E., Ugwuona, F. U. & Peter, E. S. (2020). Processing treatments of beniseed (*Sesamum indicum Linn*) on nutrients, anti-nutrients composition and functional properties of flour. *Food and Nutrition Sciences*, 11, 314. https://doi.org/10.4236/fns.2020.114023
30. Peighambardoust, S. & Aghamirzaei, M. (2014). Physicochemical, nutritional, shelf life and sensory properties of Iranian Sangak bread fortified with grape seed powder. *Journal of Food Processing and Technology*, 5.
31. Pourmohammadi Mojaveri, O., Hosseini Ghaboos, S. H. & Jafarian, S. (2021). Effect of different concentrations of balangu seed gum on the physicochemical, textural and sensory properties of sangak bread enriched with pumpkin powder. Journal of food science and technology (In Persian), 18, 189-200. https://doi.org/10.52547/fsct.18.111.189

32. Rajiv, J., Indrani, D., Prabhasankar, P. & Rao, G. V. (2012). Rheology, fatty acid profile and storage characteristics of cookies as influenced by flax seed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science and Technology*, 49, 587-593. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0307-2
33. Rangkadilok, N., Pholphana, N., Mahidol, C., Wongyai, W., Saengsooksree, K., Nookabkaew, S. & Satayavivad, J. (2010). Variation of sesamin, sesamolin and tocopherols in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds and oil products in Thailand. *Food Chemistry*, 122, 724-730. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.044
34. Sadeghi, N., Oveisi, M. R., Hajimahmoodi, M., Jannat, B., Mazaheri, M. & Mansouri, S. (2010). The contents of sesamol in Iranian sesame seeds. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 101-105.
35. Tanwar, B. & Goyal, A. (2021). Oilseeds: health attributes and food applications, Springer Nature Singapore Pte Ltd. 507 p. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_7
36. Tavan, Z. Hojjati, M. Nasehi, B. Jooyandeh, H. (2017). Effect of sesame meal and soluble soybean polysaccharide on properties of Barbary bread. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 48, 233-242. https://doi.org/10.22059/IJBSE.2017.62475
37. Zanganeh, E. Zarringhalami, S. Hemmati, R. (2021). Application of quinoa flour in sourdough fermented with Lactobacillus plantarum and evaluation of its effect on the qualitative and nutritional characteristics of Lavash. *Journal of Applied Microbiology in food industry*, 7, 73-88.
38. Zarringhalami, S., Ganjloo, A. & Mokhtari-Nasrabadi, Z. (2021). Optimization xanthan gum, Roselle seed and egg white powders levels based on textural and sensory properties of gluten-free rice bread. *Journal of Food Science and Technology*, 58, 1124-1131. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04626-9